

AMELIORASI DAN PEMUPUKAN FOSFAT ALAM PADA TANAH GAMBUT DAN SERAPAN P OLEH TANAMAN JAGUNG

Amelioration and Rock Phosphate Fertilization in Peat Soil and P Uptake by Corn

Nelvia¹, Suryanto², Joetono²

*Program Studi Ilmu Tanah
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada*

ABSTRACT

In the soil acidity, the P element has a great role in the increasing of plant growth and yield. Based on these explanations, this research was done to increase the productivity of peat soil by increasing the available P with amelioration and addition of phosphate rock for maize. This research was done in the green-house and the laboratorium of Soil Science Department of Agricultural Faculty of UGM, Yogyakarta.

This experiment used peat soil of Rengat of Riau province from 0 to 30 cm. It used split plot design and three replications, without ameliorant, lime, oil palm bunch ash and volcanic ash as main plot. Ameliorant were added at the rate of 10 and 20 ton/ha. The rock phosphate consisted of 0, 100, 200 and 300 kg P_2O_5 /ha as the sub plot. The Urea and KCl were given as a basic fertilizer and the dosage of each were 300 kg/ha and 150 kg/ha.

The result of this research showed that the oil palm bunch ash could increase pH, P uptake by shoot and root, Ca and Mg by root, and growth of plant, it also increased the pH, residual available-P, total P, K, Ca and Mg of peat soil after experiment. Lime increased the pH and total Ca of the peat soil after the experiment. Volcanic ash increased Ca uptake by shoot and root, Mg by shoot and growth of plant. The highest P uptake and growth was found on 10 ton/ha oil palm bunch ash without phosphate rock. The addition of 20 ton/ha of oil palm bunch ash and volcanic ash of 10 and 20 ton/ha must be followed with the addition of 200 to 300 kg P_2O_5 /ha of rock phosphate in order to find the best growth of plant and the highest nutrient uptake.

Keywords: *amelioration -- rock phosphate -- peat*

PENGANTAR

Tanah gambut di Indonesia menduduki areal yang cukup luas yaitu lebih kurang 27 juta hektar (Rajagukguk, 1991). Kenyataan ini jelas merupakan potensi yang besar untuk perluasan area pertanian.

Gambut umumnya bereaksi masam sampai sangat masam dengan kapasitas tukar kation sangat tinggi, tetapi kejenuhan basa sangat rendah. Kondisi demikian tidak menunjang terciptanya laju kemudahan penyediaan hara yang memadai kebutuhan tanaman, terutama basa K,

1. Fakultas Pertanian Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia.

2. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Mg dan Ca (Halim, 1989). Secara umum kejenuhan basa gambut harus mencapai 30 % agar tanaman dengan mudah dapat menyerap basa-basa. Tingkat kejenuhan K, Mg dan Ca yang memungkinkan ia dapat diserap tanaman berturut-turut adalah 1, 6 dan 20 % (Soepardi *et al.*, *cit.*, Halim, 1989). Dalam keadaan kaya bahan organik sebagian besar unsur mikro terutama Cu membentuk kompleks yang tidak mudah tersedia bagi tanaman (Stevenson, 1982).

Salah satu kendala keharaan pada tanah gambut adalah ketersediaan P yang rendah. Dari hasil penelitian di banyak tempat di Indonesia seperti di Sumatera (Riau, Bengkulu, Jambi, Sumatera Selatan, Sumatera Barat), Kalimantan (Pontianak, Samarinda) baik yang dilakukan di Rumah kaca maupun di Lapangan, ternyata tanah gambut miskin akan hara P, karena itu kekurangan hara P merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan dan produksi tanaman pertanian pada lahan tersebut, bila ditinjau dari segi hara yang diperlukan tanaman (Suhardjo dan Widjaja-Adhi, 1976; Abdullah Abase, dkk., 1988; Tati Herawati, dkk., 1995; Maas, 1993; Leiwakabessy dan Wahyudi, 1979; Widjaja-Adhi, 1986; Triutomo, 1993; dan Suryanto, 1994).

Miskinnya tanah gambut akan hara P disebabkan oleh pH yang rendah dan/atau memang total unsur haranya rendah, meskipun secara total kadang tinggi namun ketersediaannya rendah (Driessen dan Suhardjo, 1976; Kanapathy, 1976). Untuk meningkatkan status ketersediaan fosfor dalam tanah perlu diberi tambahan P dalam bentuk pupuk, sebagai sumber hara bagi tanaman berupa pupuk buatan atau fosfat alam (Cabala Rosand and Wild, 1982; Suryanto, 1991; Tisdale, *et al.*, 1990).

Hambatan tumbuh yang dikemukakan diatas bersumber dari ketersediaan P dan kejenuhan basa rendah serta pH tanah gambut sangat rendah.

Untuk meningkatkan ketersediaan P, pH dan kejenuhan basa ditempuh melalui kombinasi dua cara yaitu : (1) Peningkatan ketersediaan hara P melalui penambahan pupuk fosfat alam, dan (2) peningkatan ketersediaan P, pH, serta jumlah basa melalui menambahkan bahan amelioran seperti kapur, abu janjang kelapa sawit dan abu vulkan.

Tujuan penelitian adalah (1) Untuk mengetahui sampai seberapa besar pengaruh amelioran yaitu kaptan super fosfat (kapur), abu janjang kelapa sawit, serta abu vulkan dan fosfat alam terhadap ketersediaan P atau P yang dapat diambil oleh tanaman jagung dari tanah gambut; (2) untuk menentukan kombinasi perlakuan antara amelioran dan fosfat alam pada tingkat pemberian P tertentu sehingga diperoleh pertumbuhan jagung yang baik pada tanah gambut, dan (3) untuk memberi gambaran betapa pentingnya ameliorasi dan pemberian fosfat alam pada tanah gambut. Secara umum penelitian ini dimaksudkan untuk mendayagunakan tanah gambut sebagai lahan pertanian.

Penelitian ini menggunakan contoh tanah gambut yang berasal dari Rengat, Riau, yang diambil hingga kedalaman 30 cm. Sebanyak 3

kg tanah kering udara (kadar air 65%) yang telah ditumbuk dan disaring dengan saringan 5 mm di masukkan kedalam polibag. Kapur super fosfat (kapur), abu janjang kelapa sawit dan abu vulkan sebagai bahan amelioran, dan fosfat alam sebagai sumber hara P.

Sebagai pupuk dasar digunakan 300 kg Urea per hektar, dan 175 kg KCl per hektar setara dengan 0,43 g/pot dan 2,5 g/pot. Sebagai pestisida digunakan Dithane M-45 dan Lebaicyol dan bahan tanaman digunakan jagung manis.

Penelitian ditata berdasarkan Rancangan Petak Terbagi, sebagai faktor utama adalah amelioran yang terdiri dari : tanpa amelioran (A0), kapur (K), abu janjang kelapa sawit (T) dan abu vulkan (V), yang masing-masing terdiri dari 2 aras yaitu 10 dan 20 ton/ha (142,86 g/pot dan 285,71 g/pot). sedangkan sebagai anak petak adalah pupuk fosfat alam yang terdiri dari 4 aras yaitu : 0, 100, 200 dan 300 kg P_2O_5 /ha, (0; 1,43 g/pot; 2,86 g/pot dan 4,29 g/pot) dan diulang sebanyak 3 kali. Faktor, taraf serta kombinasi perlakuan percobaan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Faktor, taraf serta kombinasi perlakuan percobaan di Rumah kaca

Faktor	Sandi dan taraf	sandi kombinasi perlakuan	
Fosfat alam (P)	P0 (0 kg P_2O_5 /ha)	A0P0	
	P1 (100 kg P_2O_5 /ha)	A0P1	
	P2 (200 kg P_2O_5 /ha)	A0P2	
	P3 (300 kg P_2O_5 /ha)	A0P3	
Tanpa amelioran (A)	A0 (tanpa amelioran)		
Kapur (K)	K1 (10 ton/ha)	K1P0	K2P0
	K2 (20 ton/ha)	K1P1	K2P1
		K1P2	K2P2
		K1P3	K2P3
Abu janjang K. sawit (T)	T1 (10 ton/ha)	T1P0	T2P0
	T2 (20 ton/ha)	T1P1	T2P1
		T1P2	T2P2
		T1P3	T2P3
Abu vulkan (V)	V1 (10 ton/ha)	V1P0	V2P0
	V2 (20 ton/ha)	V1P1	V2P1
		V1P2	V2P2
		V1P3	V2P3

Sehari setelah pemberian pupuk dasar, setiap pot ditanami 6 butir jagung manis. Seminggu kemudian tanaman dijarangkan dan ditinggalkan sebanyak 2 tanaman. Panen dilakukan 50 HST. Tinggi,

berat kering tanaman dan serapan hara P, K, Ca dan Mg tajuk dan akar tanaman serta dan hasil analisis tanah setelah percobaan meliputi pH, K, Ca, Mg dan P total tanah dan P-tersedia ditetapkan. Selama pertumbuhan tanaman dilakukan penyiraman dan pengendalian hama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah dan Bahan Amelioran serta Pupuk Fosfat Alam yang digunakan dalam penelitian

Sifat kimia tanah

Hasil analisis ciri kimia tanah sebelum digunakan untuk penelitian disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa ciri kimia tanah yang digunakan untuk penelitian

Tanah	
Ciri kimia	kedalaman 0 - 30 cm
<u>Kation tertukar (ekstr. NH_4OAC 1 N pH 7)</u>	
K (me/100 g tanah)	0,12
Ca (me/100 g tanah)	10,09
Mg (me/100 g tanah)	1,49
Na (me/100 g tanah)	0,16
Al-dd (me/100 g tanah)	2,08
H-dd (me/100 g tanah)	2,17
KTK (me/100 g tanah)	44,85
KB (%)	26,46
C-organik (%)	33,98
N-total (%)	1,63
C/N	20,85
Bahan organik (%)	56,85
Asam humat (%)	20,25
Asam fulvat (%)	16,27
Kadar abu (%)	12,76
pH H_2O	3,7
pH KCl	3,5
<u>Fosfor</u>	
P_2O_5 tersedia (Bray II ppm)	20,6
P_2O_5 total (ppm)	920,8
<u>Kation total (ekstrak HClO_4 18%)</u>	
K (me/100 g tanah)	2,20
Ca (me/100 g tanah)	11,37
Mg (me/100 g tanah)	6,01
Na (me/100 g tanah)	4,67

Hasil analisis tanah (Tabel 2) diketahui bahwa tanah yang digunakan untuk percobaan bereaksi sangat masam (pH H_2O = 3,7).

pH yang ideal untuk tanah gambut adalah 5,5 bila terlalu asam maka hara N, P, Ca, Bo, Cu dan Mo menjadi kahat dan bila pH lebih tinggi akan menurunkan ketersediaan P, Mn, Bo, dan Zn (Lucas & Davis *cit.* Setiadi, 1995). Fosfor tersedia tanah yaitu 20,6 ppm termasuk sedang, dan P total (920,8 ppm) termasuk sangat tinggi. Walaupun cadangan P di dalam tanah termasuk sangat tinggi namun tidak tersedia bagi tanaman, karena masih bersifat sebagai penyusun struktur bahan organik/gambut.

Kandungan kation basa yang dapat dipertukarkan dari Ca, Mg, K dan Na masing-masing 10,09; 1,49; 0,12 dan 0,16 me/100g tanah, Ca dan Mg tergolong sedang, K dan Na termasuk rendah. Tingkat kejenuhan K, Mg dan Ca yang mungkin ia dapat diserap tanaman berturut-turut adalah 1, 6 dan 20 % (Soepardi dan Surowinoto, *cit.* Halim, 1989). Nilai batas kritis K tersedia untuk tanah gambut adalah 0,3 me% (Notohadiprawiro, 1978). Anonim (*cit.* Hardjowigeno, 1989) bahwa, nilai kritikal untuk jerapan K biasanya tercapai bila rasio Ca/K lebih besar dari 4. Kejenuhan basa tanah tergolong rendah (26,46 me/100 g), sementara KTKnya sangat tinggi (44,85 me/100 g). Tanah dengan KTK tinggi tetapi kejenuhan basa rendah, akan menghambat pelepasan hara bagi tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Umumnya kejenuhan basa gambut harus > 30 % agar tanaman dengan mudah dapat menyerapnya (Soepardi dan Surowinoto, *cit.* Halim, 1989). Dengan demikian jelaslah bahwa untuk memperoleh pertumbuhan dan produksi yang baik sangat dibutuhkan tambahan unsur P dan bahan amelioran yang mampu meningkatkan pH tanah sekaligus menyumbangkan kation-kation basa guna meningkatkan kejenuhan basa tanah tersebut.

Sifat kimia pupuk fosfat alam dan amelioran serta reaktivitasnya

Hasil analisis kandungan hara dalam bahan amelioran dan pupuk fosfat alam yang digunakan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Beberapa ciri kimia pupuk fosfat alam dan amelioran yang digunakan untuk penelitian

Pupuk Fosfat Alam dan Amelioran			
	Fosfat alam		
P ₂ O ₅ total (%)	21,6		
P ₂ O ₅ lart. as. sitrat 2 (%)	4,485		
P ₂ O ₅ lart air (%)	0,0045		
Kadar air (%)	18,30		
Reaktivitas (%)	20,76		
Amelioran			
	Abu j. k. sawit di ekstrak dengan	Abu vulkan di ekstrak dengan	Kapur di ekstrak dengan
Total unsur	(H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂)	(H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂)	HCl 25%
K ₂ O (%)	28,87	0,10	0,24
Ca O (%)	4,76	0,31	52,83
MgO (%)	0,42	0,53	2,80
P ₂ O ₅ (%)	0,60	0,08	-
P ₂ O ₅ lart. as. sitrat (%)	-	-	3,91
P ₂ O ₅ lart. air (%)	-	-	0,61
Kadar air	61,92	16,57	2,09

Kadar K_2O dalam abu janjang kelapa sawit jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kadarnya di dalam abu vulkan dan kapur. Kadar Ca pada abu janjang kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan dengan di dalam abu vulkan namun lebih rendah dari kapur. Pupuk fosfat alam yang digunakan mempunyai reaktifitas 20,76 % termasuk rendah.

Dari hasil pengukuran daya netralisasi ketiga bahan amelioran yang digunakan, ternyata abu janjang kelapa sawit mempunyai pH H_2O adalah 10,72 dan daya netralisasi tertinggi, diikuti oleh kapur pH H_2O adalah 8,05 dengan daya netralisasi lebih rendah dari abu janjang kelapa sawit. Abu vulkan mempunyai pH H_2O adalah 6,01 dan mempunyai daya netralisasi paling rendah.

Pengaruh Pemberian Amelioran dan Pupuk Fosfat Alam Terhadap Serapan Hara Tanaman Jagung

Serapan P oleh Tajuk dan Akar Tanaman Jagung

Dari Tabel 4 dapat diketahui, bahwa pemberian abu janjang kelapa sawit sebanyak 10 hingga 20 ton/ha menyebabkan kenaikan serapan P oleh tajuk dan akar berturut-turut sebesar 99,77 hingga 56,49 % dan 264,57 hingga 194,65%. Serapan P oleh tajuk dan akar cenderung meningkat pada perlakuan pemberian abu vulkan, namun menurun secara drastis pada perlakuan pengapuran. Tampaknya kenaikan serapan P oleh tajuk dan akar karena pemberian abu janjang kelapa sawit lebih besar. Pada Tabel 4 juga terlihat bahwa setiap penambahan 100 kg P_2O_5 /ha fosfat alam menyebabkan kenaikan serapan P oleh tajuk dan akar. Penambahan fosfat alam hingga 300 kg P_2O_5 /ha menyebabkan serapan P oleh tajuk dan akar meningkat berturut-turut sebesar 127,35 % dan 71,31%.

Pada Tabel 5 ditunjukkan bahwa, kenaikan total serapan P tertinggi dicapai pada pemberian 10 ton/ha abu janjang kelapa sawit tanpa masukan fosfat alam dengan kenaikan sebesar 14937,71%, diikuti dengan penambahan 100 dan 200 kg P_2O_5 /ha fosfat alam dengan kenaikan total serapan P berturut-turut adalah sebesar 13640,57% dan 14147,13%. Ternyata pemberian 10 ton/ha abu janjang kelapa sawit tanpa penambahan pupuk P dapat memberikan kenaikan total serapan P tertinggi oleh tanaman jagung.

Abu janjang kelapa sawit dapat memasok unsur P, karena abu janjang kelapa sawit mengandung 0,6 % P_2O_5 (Tabel 3), selain itu abu janjang juga meningkatkan pH tanah sehingga ketersediaan P juga meningkat. Unsur P dan unsur hara lain tersedia optimum pada pH 5,5 (Lucas dan Davis *cit.* Setiadi, 1995). Menurunnya serapan P akibat peningkatan takaran fosfat alam diduga karena ion fosfat yang dilepas dari pupuk berikatan dengan sejumlah unsur mikro di dalam tanah terutama dengan Zn, membentuk Zn-fosfat. Sehingga ketersediaan Zn berkurang. Disamping itu peningkatan takaran fosfat alam juga akan berpengaruh terhadap peningkatan pH tanah, dimana pH tanah akan semakin tinggi dengan meningkatnya takaran fosfat alam. Friesen *et al* (*cit.* Hakim, 1982) melaporkan bahwa pada pH 4 ditemui Zn aktif sebesar 5 M, tetapi pada pH 5 Zn aktif kurang dari 0,5 M. Hal tersebut

disebabkan karena terbentuknya senyawa, $Zn(OH)_2$, $ZnCO_3$ atau $ZnSiO_3$ (Lindsay, cit. Halim, 1983). Berdasarkan hal tersebut diduga juga terbentuk $Zn(H_2PO_4)_2$. Kekurangan Zn mungkin menyebabkan gangguan terhadap serapan P, dimana berkurangnya Zn tersedia menyebabkan Zn tidak berimbang dengan P yang tinggi, baik yang berasal dari tanah, abu janjang kelapa sawit, maupun dari pupuk. Menurut Salisbury dan Ross, (1969) Zn sangat berperan dalam pembentukan asam indolasetat (IAA).

Tabel 4. Serapan P oleh tajuk dan akar tanaman jagung 50 HST yang dipengaruhi oleh amelioran dan fosfat alam

Perlakuan	Jenis Amelioran							Rerata
Fosfat Alam	T1	T2	V1	A0	V2	K2	K1	
	P Tajuk (mg P/pot)							
P0	323,57	235,67	1,84	1,97	3,68	8,08	11,67	83,81v
P1	298,32	206,23	133,84	151,42	158,06	10,69	9,00	138,22u
P2	312,21	218,40	224,40	186,10	185,37	16,92	12,42	165,12t
P3	263,57	277,87	269,80	260,06	243,90	8,15	10,44	190,54s
Rerata	299,42a	234,54b	157,47c	149,88cd	147,75d	11,01e	10,88e	
	P Akar (mg P/pot)							
	T1	T2	V2	A0	V1	K2	K1	
P0	43,35	27,66	0,82	0,46	0,42	1,32	1,87	10,84v
P1	36,95	25,11	10,85	11,95	8,32	1,55	1,27	13,71u
P2	35,42	30,16	16,45	11,03	16,50	2,01	1,44	16,14t
P3	36,98	40,45	16,89	18,43	15,09	0,96	1,22	18,57s
Rerata	38,17a	30,85b	11,25c	10,47c	10,08c	1,46d	1,45d	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %.

Tabel 5. Pengaruh interaksi amelioran dan fosfat alam terhadap total serapan P oleh tanaman jagung 50 HST

perlakuan fosfat alam	Amelioran						
	A0	K1	K2	T1	T2	V1	V2
 Total serapan P (mg/ pot)						
P0	2,44 l	13,54 l	9,61 l	366,92 a	263,33 f	2,27 l	4,50
P1	163,37 j	10,27 l	12,24	335,27 b	231,35 h	142,15 k	168,91 j
P2	197,13 l	13,86 l	18,94 l	347,63 b	248,56 fg	290,90 gh	201,82 l
P3	278,79 e	11,66 l	9,11 l	300,54 d	318,33 c	284,89 e	260,79 f

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %.

Peranan senyawa tersebut, diantaranya merangsang pertumbuhan dan percabangan akar dan pembelahan sel batang dan daun. Terganggunya metabolisme tersebut akan mengurangi serapan P. Loneragan *et al* (cit. Hakim 1982) juga melaporkan bahwa serapan P oleh tanaman clover (*Trifolium subterraneum* L.) berkurang dengan berkurangnya Zn tersedia. Pemberian 20 ton/ha abu janjang kelapa sawit tampaknya menyebabkan pH meningkat lebih tinggi, hal ini diduga karena abu janjang kelapa sawit menyumbangkan CaO dan Mg ke dalam tanah. Pada pH yang lebih tinggi kation Ca dan Mg yang disumbangkan abu janjang kelapa sawit dapat memfiksasi ion fosfat membentuk Ca-fosfat dan Mg-fosfat atau kelat-Ca-fosfat dan kelat-Mg-fosfat. Dengan demikian ketersediaan P berkurang, dan baru akan naik bila takaran fosfat alam yang diberikan ditingkatkan (300 kg P_2O_5 /ha), sehingga serapan P juga akan meningkat. Hal yang sama diduga juga terjadi pada pemberian kapur. Menurut Maas (1993) pengapuran akan menurunkan sematan P, kelebihan kapur menyebabkan terjadinya sematan P oleh Ca yang bebas yang akan mengendap membentuk Ca-fosfat yang tidak larut. Semakin tinggi kandungan Ca bebas atau Ca-carbonat akan semakin tinggi pula sematan fosfat. Sementara pada perlakuan pemberian abu vulkan perubahan pH tidak begitu besar, dimana pH masih tetap rendah, pada pH rendah kelarutan unsur mikro tinggi sehingga dapat memfiksasi ion fosfat yang terlarut dari fosfat alam atau tanah membentuk Zn-fosfat, Mn-fosfat, Fe-fosfat dan Al-fosfat. Dengan demikian dibutuhkan penambahan pupuk P yang tinggi untuk memperoleh serapan P yang tinggi.

Serapan K oleh Tajuk dan Akar Tanaman Jagung

Dari Tabel 6 dapat diketahui, bahwa pemberian abu janjang kelapa sawit sebanyak 10 hingga 20 ton/ha menyebabkan kenaikan serapan K oleh tajuk dan akar berturut-turut sebesar 289,58 hingga 323,04% dan 510,44 hingga 549,27%. Serapan K oleh tajuk cenderung meningkat akibat pemberian abu vulkan 10 hingga 20 ton/ha, sebaliknya serapan K oleh akar cenderung menurun. Pengapuran menyebabkan serapan K oleh tajuk menurun secara drastis, namun cenderung menyebabkan serapan K oleh akar meningkat.

Ternyata bahwa kenaikan serapan K karena pemberian abu janjang kelapa sawit lebih besar. Hal ini disebabkan karena sumbangan K oleh abu janjang kelapa sawit cukup tinggi yaitu 28,87% K_2O , sehingga meningkatkan kejenuhan K dalam tanah yang selanjutnya akan meningkatkan serapan K oleh tanaman. Nilai kritis untuk jerapan K biasanya tercapai bila rasio Ca/K lebih besar dari 4 (Anonim, cit. Hardjowigeno, 1993). Batas kritis K-tersedia untuk tanah gambut adalah 0,3 me% (Notohadiprawiro, 1978). Nilai Ca/K tanah yang digunakan adalah $10,09/0,12 = 84$. Dengan demikian jelaslah bahwa peningkatan serapan K disebabkan karena meningkatnya ketersediaan K dan kejenuhan K akibat pemberian abu janjang kelapa sawit.

Tabel 6. Serapan K oleh tajuk dan akar tanaman jagung 50 HST, yang dipengaruhi oleh amelioran dan fosfat alam

Perlakuan	Jenis Amelioran							Rerata
Fosfat Alam	T2	T1	V1	V2	A0	K1	K2	
	K Tajuk (mg/pot)							
P0	3066,97	4108,06	91,54	169,86	74,42	310,23	224,64	1149,4v
P1	3097,15	3683,60	931,47	968,17	949,46	241,63	282,38	1450,6u
P2	2995,39	1266,24	1153,02	975,15	1005,89	262,76	367,84	1146,6v
P3	4073,35	3128,13	1156,07	1065,41	1098,30	270,40	174,60	1566,6u
Rerata	3308,2a	3046,5a	833,0b	794,6b	782,0b	271,3c	262,4c	
	K Akar (mg/pot)							
P0	37,69	32,13	7,13	8,91	10,12	19,53	21,45	19,57v
P1	38,48	36,65	3,94	4,39	4,36	18,63	18,61	17,87u
P2	35,70	30,52	3,59	4,08	3,72	19,08	20,07	16,68t
P3	29,96	34,02	2,38	3,09	3,63	17,04	17,84	15,42s
Rerata	35,45a	33,33b	4,26f	5,11e	5,46e	18,57d	19,49c	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %.

Serapan Ca oleh Tajuk dan Akar Tanaman Jagung

Pada Tabel 7 ditunjukkan, bahwa jenis amelioran berpengaruh terhadap serapan Ca oleh tajuk dan akar.

Tabel 7. Serapan Ca oleh tajuk dan akar tanaman jagung 50 HST, yang dipengaruhi oleh amelioran dan fosfat alam

Perlakuan	Jenis Amelioran							
Fosfat Alam	V1	A0	V2	T1	T2	K1	K2	
	Ca Tajuk (mg/pot)							
P0	5,70	6,74	11,06	196,82	107,35	38,55	32,08	56,9v
P1	324,74	204,10	184,05	197,87	92,95	32,83	41,01	153,9u
P2	286,31	210,02	195,25	139,22	105,35	40,39	46,88	146,2u
P3	311,04	321,70	318,49	159,96	195,69	34,97	23,22	195,0t
Rerata	232,0a	185,6ab	177,2abc	173,5bc	125,33c	36,7d	35,8d	
	Ca Akar (mg/pot)							
P0	2,01	1,74	3,13	34,31	18,37	16,39	10,34	12,33v
P1	24,90	22,22	26,80	27,17	18,98	12,55	15,26	21,12u
P2	51,60	38,11	45,05	29,51	20,69	13,60	18,47	31,01t
P3	44,18	49,16	51,73	26,95	31,19	12,38	9,55	32,16t
Rerata	30,67a	27,80b	31,68a	29,49ab	22,31c	13,73d	13,41d	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %.

Pemberian abu vulkan sebanyak 10 ton/ha menyebabkan kenaikan serapan Ca oleh tajuk dan akar berturut-turut sebesar 25% dan 10,32%. Tampaknya pemberian abu vulkan menyebabkan peningkatan serapan Ca oleh tajuk lebih besar. Hal ini disebabkan karena abu vulkan dapat menyumbangkan kation Ca dari hasil proses hidrolisis mineral-mineral penyusun abu vulkan yang mengandung Ca. Asam-asam organik pada tanah gambut yang bereaksi sangat masam dapat menyumbangkan ion H^+ ke larutan tanah. Ion H^+ mempunyai kemampuan menukar/menggantikan kation-kation basa seperti K^+ , Na^+ , Ca^{++} , dan Mg^{++} dari struktur mineral atau batuan (Notohadiprawiro, 1978).

Serapan Mg oleh Tajuk dan Akar Tanaman Jagung

Serapan Mg oleh tajuk dan akar menunjukkan pola yang hampir sama dengan serapan Ca oleh tajuk dan akar. Dari Tabel 8 terlihat bahwa serapan Mg oleh tajuk dan akar dipengaruhi oleh jenis amelioran.

Tabel 8. Serapan Mg oleh tajuk dan akar tanaman jagung 50 HST, yang dipengaruhi oleh amelioran dan fosfat alam

Perlakuan	Jenis amelioran							
Fosfat alam	V1	V2	A0	T1	T2	K1	K2	
	Mg Tajuk (mg/pot)							
P0	3,33	7,10	2,69	153,07	86,43	11,25	8,32	38,88v
P1	149,38	148,51	160,97	139,66	92,87	9,91	9,69	101,57u
P2	241,89	198,59	167,11	122,82	96,02	10,15	11,18	121,11t
P3	251,73	237,17	213,37	114,38	142,11	9,21	8,46	139,49s
Rerata	161,58a	147,84b	136,04c	132,48c	104,36d	10,13e	9,41e	
	Mg Akar (mg/pot)							
P0	0,53	0,74	0,52	15,66	10,85	3,52	1,75	4,76v
P1	6,60	9,43	10,95	14,87	9,86	2,68	2,11	8,07u
P2	13,50	13,84	10,30	11,17	9,26	2,26	3,54	9,13t
P3	12,87	13,90	12,26	12,40	12,23	2,25	1,11	9,57s
Rerata	8,37d	9,48c	8,51d	13,53a	10,55b	2,68e	2,13e	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %.

Pemberian 10 hingga 20 ton/ha abu vulkan menyebabkan kenaikan serapan Mg oleh tajuk sebesar 18,77% hingga 8,64%, dan cenderung meningkatkan serapan Mg oleh akar. Seperti telah dijelaskan diatas bahwa dari proses hidro lisis mineral primer penyusun abu vulkan juga dihasilkan Mg^{++} , sehingga meningkatkan ketersediaan Mg di larutan tanah. Ismunaji, dkk., (1984) melaporkan bahwa abu vulkan gunung Gelunggung mengandung unsur-unsur yang ketersediaannya cukup adalah K, Ca, Mg, S dan Mo. Sedangkan kandungan unsur hara abu gunung Karakatau adalah 2,65 - 2,92% CaO , 0,76 - 1,14% MgO , 2,38 - 2,59% K_2O , 5,16 - 5,26% Na_2O dan 0,09 - 0,1% P_2O_5 (Heiken and Wohlezt cit. Suryanto, 1994). Tampaknya pembebasan kation Ca dan dari mineral penyusun abu vulkan pada pH rendah lebih tersedia bagi tanaman

dibandingkan Ca dan Mg yang dibebaskan oleh abu janjang kelapa sawit dan kapur. Kurang tersedianya Ca dan Mg akibat pemberian abu janjang kelapa sawit dan kapur diduga karena terjadinya kenaikan pH oleh kedua bahan tersebut. Hal ini menyebabkan Ca dan Mg memfiksasi fosfat yang ditambahkan sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman.

Pengaruh Pemberian Amelioran dan Pupuk Fosfat Alam Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Dari Tabel 9 dapat diketahui, bahwa pemberian abu janjang kelapa sawit sebesar 10 hingga 20 ton/ha menyebabkan peningkatan tinggi tanaman, berat kering tajuk dan akar tanaman berturut-turut sebesar 71,67 - 53,13 cm; Tabel 10 menunjukkan bahwa total berat kering tanaman tertinggi (111,72 g/pot) atau meningkat sebesar 109,81 g/pot (5749,21%) diperoleh pada perlakuan pemberian 10 ton/ha abu janjang kelapa sawit tanpa penambahan fosfat alam. Dengan kata lain pemberian 10 ton/ha abu janjang kelapa sawit sudah cukup untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan takaran abu janjang kelapa sawit hingga 20 ton/ha dan pada pemberian abu vulkan sebesar 10 hingga 20 ton/ha harus diikuti oleh penambahan fosfat alam 200 hingga 300 kg P_2O_5 /ha untuk memperoleh pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Perbaikan terhadap lingkungan tumbuh tanaman berupa peningkatan pH, dan penambahan hara melalui ameliorasi (abu janjang kelapa sawit dan abu vulkan) dan pemberian fosfat alam ternyata berdampak positif terhadap peningkatan serapan hara (P, K, Ca dan Mg) yang akhirnya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

Tabel 9. Tinggi tanaman 50 HST, yang dipengaruhi oleh amelioran dan fosfat alam

Perlakuan Fosfat Alam	Jenis Amelioran							Rerata
	T1	T2	V1	V2	A0	K1	K2	
	Tinggi Tanaman (CM)							
P0	267,83	241,50	68,33	77,33	59,17	80,67	104,33	128,45v
P1	256,50	239,83	221,50	217,50	218,33	104,67	113,33	195,95u
P2	267,00	218,83	238,83	219,83	233,67	112,00	124,00	202,02t
P3	244,33	261,33	235,33	245,67	237,83	104,67	85,83	202,14t
Rerata	258,92a	240,38b	191,00c	190,08c	187,25c	106,88d	100,50e	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %

Tampaknya peningkatan serapan P, yang diikuti oleh peningkatan serapan hara lainnya (K, Ca dan Mg) berakibat meningkatnya pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Hal ini erat kaitannya dengan peranan dan fungsi P dalam tanaman, dimana P berperanan sebagai bahan pembangun nukleoprotein yang dijumpai dalam setiap inti sel (Malherbe *cit.* Hakim, 1982), dalam pembentukan senyawa

nucleat fosfat terutama terdapat di dalam inti sel, gula fosfat, phospholipid serta P inorganik yang terdapat di dalam vacuola (Mangel and Kirby, 1987). Sedangkan pembentukan sel-sel baru tanaman yang berarti pertumbuhan tanaman, hanya dapat berlangsung dengan pembelahan inti sel tersebut (Salisbury and Ross, 1969). Fosfor berperan dalam pembentukan senyawa-senyawa organik seperti RNA, DNA, NADP, FAD (Benton *et al.*, 1991), yang kesemuanya berperan dalam pertumbuhan tanaman (Hari Suseno, 1974). Fosfor berperan dalam metabolisme energi, yang tergabung dalam bentuk ATP, ATP berperan dalam berbagai reaksi perpindahan energi, merupakan paket energi umum bagi semua sel hidup (Mangel and Kirby, 1987). Reaksi biokimia lebih banyak terjadi karena ATP, dari pada adanya senyawa P kaya energi lainnya (Baker and Allen *cit.* Hakim, 1982). Sehubungan dengan peranan P yang demikian penting maka P adalah kunci dalam metabolisme tanaman (Arnon, *cit.* Hakim, 1982).

Tabel 10. Pengaruh interaksi jenis dan takaran amelioran dan fosfat alam terhadap total berat kering tanaman jagung

Perlakuan fosfat alam	Amelioran						
	A0	K1	K2	T1	T2	V1	V2
Total berat kering tanaman (g/pot).....						
P0	1,91 l	3,32 kl	4,82 kl	111,72 a	79,22 ef	2,20 l	4,70 kl
P1	66,64 hi	6,47 kl	5,82 kl	105,46 bc	67,89 gh	62,39 i	69,15 g
P2	76,44 f	6,26 kl	7,62 kl	101,39 cd	71,70 g	103,20 bc	81,99 d
P3	97,26 d	9,93 j	4,16 kl	81,50 e	106,80 b	103,45 bc	104,70 bc

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %

Pada umumnya secara visual tanaman yang diberi abu janjang kelapa sawit dan abu vulkan pada setiap takaran fosfat alam, tidak menunjukkan gejala kekurangan hara tertentu dan tumbuh sangat baik, kecuali pada perlakuan abu vulkan tanpa masukan fosfat alam tanaman tumbuh kerdil.

Pertumbuhan tanaman tampak kerdil dan berwarna hijau pucat kekuningan pada perlakuan pengapuran pada setiap takaran fosfat alam. Selain gejala tersebut diatas tanaman juga terlihat berwarna ungu. Gejala kekurangan P pada jagung sering terlihat pada awal pertumbuhan dimana perakaran masih sangat terbatas, sedangkan kebutuhan akan P relatif sangat tinggi, daun tanaman berwarna keunguan. Kekurangan P yang berkelanjutan dapat memperlambat keluarnya malai, pengisian tongkol terganggu dan tongkol kecil dengan biji kecil-kecil (Koswara, 1988) Warna ungu tersebut disebabkan oleh karena terakumulasinya antosianin akibat kekurangan P (Knoll *cit.* Hakim, 1982).

Pengaruh pemberian amelioran dan fosfat alam terhadap ciri kimia setelah percobaan

Pengaruh pemberian amelioran dan pupuk fosfat alam terhadap pH tanah setelah percobaan

Dari Tabel 11 diketahui, bahwa pemberian 10 hingga 20 ton/ha kapur dan abu janjang kelapa sawit menyebabkan nilai pH KCl dan H₂O naik dari 3,93 hingga 6,09 sampai 7,32 dan 3,93 naik hingga 3,63 sampai 7,07. Terjadinya peningkatan pH tanah gambut akibat pemberian kapur, abu janjang kelapa sawit adalah karena ke dua bahan tersebut mengandung unsur CaO dan MgO. Abu tanaman bersifat basa dimana pHnya mencapai 12,0 (Suyono *cit.* Lubis, dkk., 1993), sedang pH abu janjang kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10,72 (Tabel 3). Menurut Suryanto, (1991) reaksi peningkatan pH tanah gambut disebabkan oleh ion H⁺ yang berasal dari gugus asam dinetralkan oleh ion OH⁻ dari (OH)₂, sedang Ca⁺⁺ ion menggantikan H⁺ dalam asam membentuk garam dengan asam organik. Oleh karena H⁺ dalam larutan tanah berkurang maka pH tanah gambut menjadi lebih tinggi atau meningkat. Pemberian abu vulkan pada penelitian cenderung meningkatkan pH tanah.

Tabel 11. Reaksi (pH) tanah, yang dipengaruhi amelioran dan fosfat alam setelah percobaan

Perlakuan	Jenis Amelioran							Rerata
Fosfat Alam	K2	T2	K1	T1	V1	V2	A0	
	pH H ₂ O							
P0	7,31	7,23	7,33	6,10	3,86	3,76	3,79	5,63v
P1	7,34	7,29	7,31	6,04	4,03	4,04	4,05	5,73u
P2	7,33	7,36	7,20	6,14	4,08	3,98	3,88	5,71u
P3	7,30	7,37	7,24	6,08	3,98	4,06	3,98	5,71u
Rerata	7,32a	7,31a	7,27b	6,09c	3,99d	3,96d	3,93e	
	pH KCl							
P0	7,06	6,25	7,12	5,66	3,50	3,55	3,53	5,24v
P1	7,07	6,72	7,04	5,62	3,66	3,65	5,03	5,34v
P2	7,06	6,78	7,01	5,66	3,68	3,65	3,55	5,34v
P3	7,07	6,76	7,03	5,58	3,63	3,73	3,59	5,54v
Rerata	7,067a	6,625b	7,053a	5,633c	3,620d	3,643d	3,927d	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %

Pengaruh Pemberian amelioran dan pupuk fosfat alam terhadap residu P-tersedia dan P total tanah setelah percobaan

Dari Tabel 12 dapat diketahui, bahwa pemberian 10 hingga 20 ton/ha kapur dan abu janjang kelapa sawit menyebabkan kenaikan residu

P-tersedia tanah berturut-turut sebesar 469,60 - 174,80% dan 174,53 - 405,16%, dan P-total tanah berturut-turut sebesar 21,51 - 24,19% dan 16,19 - 18,91%. Pemberian abu vulkan sebesar 10 hingga 20 ton/ha cenderung meningkatkan P-tersedia dan P-total. Ternyata bahwa kenaikan P-tersedia dan P-total akibat pemberian kapur dan abu janjang kelapa sawit lebih besar. Hal ini disebabkan karena peningkatan pH tanah, adanya sumbangan P dari kapur dan abu janjang kelapa sawit disamping penambahan P dalam bentuk fosfat alam. Pada pH tanah yang rendah kelarutan fosfat alam meningkat (Cabala-Rosand dan wild, 1982).

Tabel 12. Residu P- tersedia dan P total tanah gambut, yang dipengaruhi amelioran dan fosfat alam setelah percobaan

Perlakuan	Jenis Amelioran							Rerata
Fosfat Alam	K1	T2	K2	T1	V2	A0	V1	
	P - Tersedia (mg/100 g tanah)							
P0	54,50	48,94	30,38	16,57	2,72	1,09	2,28	22,36v
P1	60,28	50,88	28,45	27,01	6,61	6,70	6,25	26,60u
P2	60,48	64,40	29,42	35,51	13,61	12,60	11,36	32,48t
P3	61,82	64,52	35,19	44,25	23,83	24,52	21,88	39,43s
Rerata	59,27a	57,19b	30,86c	30,83c	11,69d	11,23d	10,44d	
	P Total (mg/100 g tanah)							
P0	85,83	81,86	88,41	80,60	46,51	46,36	56,79	69,48v
P1	87,80	85,89	89,31	82,43	75,32	75,87	76,29	81,84u
P2	89,38	88,43	91,04	85,51	82,27	81,62	78,56	85,26t
P3	88,54	87,88	90,58	87,60	82,98	85,47	84,88	86,85s
Rerata	87,89b	86,01c	89,83a	84,04d	71,77f	72,33f	74,13e	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %

Ion H^+ dari asam organik gambut melarutkan batuan fosfat dan melepaskan fosfat dengan reaksi: $Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 12 H^+ \Rightarrow 10 Ca^{++} + 6H_2PO_4^- + 2 F^-$ (Boland & Hedley, 1989).

Pengaruh pemberian amelioran dan fosfat alam terhadap residu K, Ca dan Mg total tanah setelah percobaan

Dari Tabel 13 dapat diketahui, bahwa pemberian abu janjang kelapa sawit 10 hingga 20 ton/ha menyebabkan kenaikan residu K, Ca dan Mg total tanah berturut-turut sebesar 154,64 - 283,50%; 95,01 - 143,13 % dan 249,02 - 427,70%. Hal ini disebabkan karena abu janjang kelapa sawit mengandung ketiga unsur tersebut (Tabel 3). Bila dilihat kembali Tabel 13 ternyata kenaikan residu Ca akibat pemberian kapur sebesar 10 hingga 20 ton/ha lebih besar dari akibat pemberian abu janjang kelapa sawit, kenaikan tersebut adalah sebesar 526,56% hingga 1078,87%. Hal ini karena kapur dominan mengandung Ca dan hanya sedikit mengandung Mg dan K, sedangkan abu janjang kelapa sawit mengandung K lebih tinggi, namun juga mengandung unsur Ca dan Mg, sehingga meningkatkan residu K dan Mg. Menurut Lahuddin, dkk.,

(1988) dari hasil pengukuran unsur hara abu janjang kelapa sawit ternyata kira-kira 31% K_2O yang terdapat didalamnya tersedia bagi tanaman, selain itu juga mengandung unsur makro lain seperti P, Ca, Mg dan unsur mikro seperti Mn, Fe, Cl, Cu, B dan Zn. Kandungan Cl, Fe dan Mn cukup tinggi menyusul B, Zn dan Cu (Tampubolon, 1982).

Tabel 13. Residu K, Ca dan Mg total tanah, yang dipengaruhi amelioran dan fosfat alam setelah percobaan

Perlakuan	Jenis Amelioran							Rerata
Fosfat alam	T2	T1	A0	V1	V2	K1	K2	
	K Total (me / 100 g tanah)							
P0	11,38	6,58	2,57	2,65	2,34	2,23	2,36	4,30v
P1	11,18	6,97	2,93	2,62	2,48	2,37	2,30	4,41v
P2	10,12	7,47	2,84	2,94	2,83	2,58	2,52	4,47v
P3	11,95	8,65	3,27	2,38	2,73	2,62	2,31	4,84u
Rerata	11,16a	7,41b	2,91c	2,65cd	2,59cd	2,45cd	2,37d	
	Ca Total (me / 100g tanah)							
P0	31,27	27,96	10,59	18,88	15,69	82,68	149,23	48,04v
P1	29,73	28,01	15,67	17,66	19,52	85,20	158,58	50,62u
P2	36,40	24,99	14,43	18,28	20,93	90,81	161,77	52,52u
P3	37,01	26,81	14,59	19,98	21,57	87,67	182,11	55,68t
Rerata	33,60c	26,95d	13,82	18,70e	19,42e	86,59b	162,92a	
	Mg Total (me / 100 g tanah)							
P0	32,02	22,67	5,68	5,04	5,00	4,61	5,76	11,54v
P1	31,18	21,20	6,49	5,41	5,48	5,29	5,25	11,47v
P2	30,83	19,49	5,25	6,48	5,70	5,76	5,86	11,34v
P3	34,72	21,81	6,58	5,39	5,78	5,65	5,51	12,21u
Rerata	32,19a	21,29b	6,10c	5,58cd	5,49cd	5,33d	5,59cd	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %

KESIMPULAN

1. Jenis amelioran berpengaruh pada setiap parameter yang diamati yaitu serapan P, K, Ca dan Mg oleh tajuk dan akar, tinggi, berat kering tajuk dan akar tanaman jagung, serta residu P, K, Ca, dan Mg total dan P tersedia tanah setelah percobaan.
2. Pemberian abu janjang kelapa sawit sebanyak 10 ton/ha meningkatkan serapan P dan K oleh tajuk dan akar, serapan Ca dan Mg oleh akar, dan parameter pertumbuhan seperti tinggi, berat kering tajuk dan akar tanaman jagung, serta meningkatkan pH, residu P tersedia, residu P, K dan Mg total tanah setelah percobaan.
3. Pemberian abu janjang kelapa sawit pada takaran yang lebih tinggi (20 ton/ha) dan abu vulkan 10 hingga 20 ton/ha, perlu diikuti oleh penambahan 200 - 300 kg P_2O_5 /ha fosfat alam untuk memperoleh

- serapan hara yang tinggi dan pertumbuhan tanaman yang lebih baik.
4. Pemberian abu vulkan 10 hingga 20 ton/ha meningkatkan serapan Ca oleh tajuk dan akar dan serapan Mg oleh tajuk, serta pH tanah setelah percobaan.
 5. Pemberian kapur menurunkan hampir semua parameter yang diamati, kecuali serapan K oleh akar jagung, pH tanah dan residu Ca dan P total serta P tersedia tanah setelah percobaan meningkat.
 6. Total serapan P oleh tanaman jagung tertinggi adalah 366,92 mg P/pot atau naik sebesar 14937,71% dan total berat kering tanaman jagung tertinggi adalah 111,72 g/pot atau naik sebesar 5749,21% diperoleh dengan pemberian 10 ton/ha abu janjang kelapa sawit tanpa penambahan fosfat alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Abase Id dan H. Suwardjo, 1988. Prospek Pemanfaatan Lahan Gambut di Propinsi Riau, dalam Prosiding Expose Hasil Survei dan Pemetaan Tanah dalam Rangka Menunjang Perencanaan Daerah Riau, Pusat Penelitian Tanah Bogor, 23 h.
- Benton, Jones, J., Wolf, B and Mills, H.A., 1991. *Plant Analysis Handbook, Partical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing, USA. 213 p.
- Boland, N.S. and Hedley, M.J. 1989. *Dissolution of Phosphate Rock in Soil*. 1 Evaluation of Extraction Method for Measurement of Phosphate Rock Dissolution. Publishing. Inc. USA. 213 p.
- Cabala Rosand, P and Wild, A. 1982. Direct Use of Low Grade Phosphate Rock from Brazil as Fertilizer, 1. Effect of Reaction Time in Soil. *Plant and Soils*, 65 : 351 - 362.
- Donahue, R.L., R.W. Miller and J.C. Shinckluna, 1977. *Soils, an Introduction to Soil and Plant Growth*. 4 th. Ed, Englewood Cliffs, New Jersey, xiii + 626 p.
- Driessen, P.M. and Suhardjo, H. 1976. On The Defective Grain Formation of Sawah Rice on Peat. Buletin 3, *Soil Research Institute Bogor*. p: 20 - 44.
- Hakim, 1982. Pengaruh Pemberian Pupuk Hijau dan Kapur pada Podzolik Merah Kuning terhadap Ketersediaan P dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays* L), Disertasi, Fakultas Pertanian Pascasarjana IPB, Bogor. 272 h.
- Halim, 1989. Perbaikan Tanah Gambut Pedalaman melalui Peningkatan Kejenuhan Basa untuk Budidaya Tanaman Kedele. dalam *Prosiding Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian*, UISU. Medan. h : 80-103.
- Hardjowigeno, S. 1989. Sifat-sifat dan Potensi Tanah Gambut Sumatera untuk Pengembangan Pertanian, dalam *Prosiding Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian*, UISU. Medan. h : 43-73.
- Hari Soeseno, 1974. *Fisiologi Tumbuhan Metabolisme Dasar*. Dept. Botani Fakultas Pertanian IPB, Bogor. 277 h.

- Kanapathy, K. 1976. Fertilizer Requirement on Peat Soil. *The Malaysia Agricultural Jurnal*, vol. 50. No. 3 : 292 - 308.
- Koswara, J. 1988. *Budidaya Tanaman Palawija : Jagung*. Jurusan Budidaya Pertanian, IPB, Bogor. 46 h.
- Leiwakabessy, F.M., dan M. Wahjudin. 1979. Ketebalan Gambut dan Produksi Padi, *Prosiding Simp Nas. III, Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia*, Palembang, IPB.
- Lubis, Zainal Abidin, dan Abdul Wahid, 1993. Pengaruh Abu Tanaman terhadap Padi Sawah di Tanah Gambut, *dalam Prosiding Seminar Nasional Gambut II*, HGI, Jakarta. h : 211 - 322.
- Maas, A. 1993. Perbaikan Kualitas Gambut dan Sematan Fosfat, *dalam Prosiding Seminar Nasional Gambut II*, HGI, Jakarta. h : 290 - 300.
- Mangel, K. dan E.A. Kirby, 1987. *Principles of Plant Nutrition*, 4 th, Publishing Co., International Potash Institute. Switzerland. 686 p.
- Notohadiprawiro, T. 1978. Tanah Estuarin, Watak, Sifat, Kelakuan dan Kesuburannya. Departemen Ilmu Tanah UGM. Yogyakarta. 15 h.
- Rajagukguk, 1991. Utilization and Management of Peatland in Indonesia for Agriculture and Forestry. *Symposium on Tropical Peat Land*, Kucing, Serawak, Malaysia. 16 p.
- Salisbury, F.B. and C. Roos. 1969. Plant Physiology. *In Aluminium Treated Roots of Barley. Science*. 148 : 1476 - 1477.
- Setiadi, 1995. Gambut, Tantangan dan Peluang. BPPT. Jakarta. 86 h.
- Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons. xiii + 443 P.
- Suhardjo dan Widjaja Adhi, 1976. Chemical Characteristics of the Upper 30 cms of Peat Soil from Riau, *In Proc. Peat and Podsolc Soil Their Potential for Agriculture in Indonesia*, Soil Research Institute, Bogor, p: 74 - 93.
- Suryanto, 1991. The Behaviour of P Fertilizers in Tropical Peat (toward the Availability of P, Ca, K and Change of pH), *dalam Paper of International Symp. on Tropical Peatland in Kucing, Serawak. Malaysia*. 11 p.
- _____, 1994. Improvement of The P Nutrient Status of Tropical Ombrogen Peat Soil from Pontianak, West Kalimantan, Indonesia, *Universiteit Gent*, 216 p.
- Tampubolon, M., 1982. Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Perkebunan. *dalam Prosd. Lokakarya Karet PNP/PTP Perkebunan Wilayah I. P4T Medan*. h: 106 - 114.
- Tati Herawati, Inu Gandana Ismail dan IPG. Widjaja Adhi, 1993. Identifikasi Wilayah Potensial untuk Pengembangan Usahatani di Lahan Pasang Surut Provinsi Riau. *SWAMPS II*, Badan Penelitian Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian, Bogor. 43 h.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton, 1990. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4 th Ed. Macmillan Publishing Co., New York. 754 p.

- Triutomo, S. 1983. Karakteristik dan Potensi Lahan Gambut di Daerah, Kateman, Riau, *dalam Prosiding Seminar Nasional Gambut II*, HGI, Jakarta, 68 h.
- Widjaja Adhi, IPG. 1986. Pengelolaan Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak, *Jurnal Litbang Pertanian Bogor*, V (1) : 1 -8.